

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



E104/52122



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 44 891.8
Anmeldetag: 26. September 2003
Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
70469 Stuttgart/DE
Bezeichnung: Zündspule für einen Ottomotor
IPC: H 01 F 38/12

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. September 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierzon

5 R. 306522 / Kh

18.09.2003

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Zündspule für einen Ottomotor

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Zündspule für einen Ottomotor nach der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 näher definierten Art.

20

Eine derartige Zündspule stellt eine energieübertragende Hochspannungsquelle dar und dient im Ottomotor zur Ansteuerung einer Zündkerze, die ihrerseits das Kraftstoffgemisch im Brennraum des Motors entzündet und so die Bewegung des Kolbens und damit der Kurbelwelle einleitet.

Das Funktionsprinzip einer derartigen Zündspule ist auch bekannt unter der Bezeichnung „Induktive Zündung“ oder „Batteriezündung“ und ist heute in nahezu allen fremdgezündeten Kraftstoffmotoren anzutreffen.

30 Die speicherbare magnetische Energie ist für die Zündspule wesentlich und hängt vom Aufbau ihres Magnetkreises und dessen Materialeigenschaften ab. Der Magnetkreis besteht in der Regel aus einem ferromagnetischen Material und wird allgemein auch als „Eisenkreis“ bezeichnet. Meist setzt sich dieser aus einem Blechpaket zusammen oder ist als Metallpulverkern ausgeführt. Da der Eisenkreis in bestimmten Ausführungsformen nicht durchgängig die
35 Wicklung umschließt, sondern Lücken aufweist, die auch als Luftspalte bezeichnet werden, spricht man auch von einem „gescherten“ Eisenkreis.

Bei der Ansteuerung der Zündspule durch ein Motorsteuergerät wird durch den ansteigenden Primärstrom magnetische Energie in der Zündspule gespeichert. Die Energieerhöhung setzt sich nicht beliebig weit mit der Stromerhöhung fort, sondern wird durch die Sättigungsflussdichte des Eisenkreises begrenzt. Das bedeutet, dass mit zunehmendem Strom das Material des Eisenkreises nicht weiter aufmagnetisiert werden kann. Das Material ist magnetisch gesättigt. Diesen Zusammenhang bringt auch die sogenannte Hysteresekurve des Eisenkreises zum Ausdruck.

- 10 Um diesen physikalischen Gegebenheiten entgegenzuwirken, ist es aus der Praxis als übliche Maßnahme bekannt, einen Permanentmagneten in den Eisenkreis einzubringen. Ein solcher Permanentmagnet oder mehrere solcher Permanentmagneten werden dabei so in den Magnetkreis integriert, dass die Richtung der Flussdichte dem Erregerfeld der stromdurchflossenen Wicklung entgegengerichtet ist. Man spricht hier auch von einer „Vormagnetisierung“, da im
- 15 passiven Zustand, in welchem kein elektrischer Strom fließt, bereits ein magnetischer Fluss im Eisenkreis herrscht.

- Durch diese Vormagnetisierung wird es möglich, die magnetische Sättigung des Eisenkreises - bezogen auf die Höhe des Primärstromes - zu verschieben, so dass insgesamt mehr magnetische Energie in der Zündspule gespeichert werden kann. Dies ist in der Praxis eine gängige Maßnahme der Energieoptimierung von Zündspulen.
- 20

- Bei den sogenannten Kompaktspulen ist hierfür meist ein einziger Permanentmagnet in den Eisenkreis eingebracht, wohingegen bei den sogenannten Stabspulen vorzugsweise zwei
- 25 Permanentmagneten an den jeweiligen Ende des Stabkernes in den Eisenkreis eingebracht sind.

- Bei den herkömmlichen Zündspulen ist jedoch von Nachteil, dass mit erheblichem fertigungstechnischen Aufwand der oder die Permanentmagnete in den Eisenkreis eingebaut werden müssen. Besonders bei Stabspulen ist es wichtig, dass die Kanten der Magnete vor
- 30 dem Einbau entsprechend abgerundet werden, um der Gefahr von elektrischen Durchschlägen zu begegnen. Zudem muss auf die Polarität der oder des Magneten geachtet werden, da eine falsche Polarität dem gewünschten Effekt der Energiespeicherung entgegenwirkt.

Des weiteren sind Permanentmagnete temperaturabhängig, so dass es bei hohem Durchfluss und gleichzeitig hohen Temperaturen zur Entmagnetisierung eines Permanentmagneten kommen kann. Eine derartige Entmagnetisierung stellt einen irreversiblen Vorgang dar.

- 5 Die Eigenschaften eines Permanentmagneten werden vor allem durch dessen Material und die Geometrie des Aufbaus bestimmt. Ist ein Permanentmagnet in einer herkömmlichen Zündspule verbaut, lassen sich seine Eigenschaften nicht mehr gezielt verändern. Wenn beispielsweise die gleiche Zündspule in einem anderen Motor, der andere Kenngrößen der Zündspule verlangt, verwendet werden soll, muss unter Umständen die Energieoptimierung der Zündspule verändert werden. Dabei wird die Energieoptimierung der Zündspule mittels der Vormagnetisierung eingestellt. Zu diesem Zweck muss der Permanentmagnet ausgetauscht und durch einen Magneten mit möglicherweise veränderter Geometrie ersetzt werden.

- 15 Letzteres macht jedoch nachteilhafterweise einen konstruktiven Umbau der Zündspule erforderlich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Zündspule für einen Ottomotor zu schaffen, bei welcher die Energieoptimierung durch Anpassung der Vormagnetisierung des Eisenkreises ohne gleichzeitigen konstruktiven Umbau möglich ist.

20

Darüber hinaus sollen bei der erfindungsgemäßen Zündspule keine Permanentmagneten zur Vormagnetisierung des Eisenkreises eingesetzt werden müssen, wobei der fertigungstechnische Aufwand durch umständliche Handhabung derartiger Permanentmagnete reduziert wird.

25

Vorteile der Erfindung

- 30 Wenn bei einer Zündspule für einen Ottomotor der eingangs genannten Art, d. h. mit einem Spulenkern, in welchem mittels einer stromdurchflossenen, im wesentlichen spulenförmigen Primärwicklung ein Primärmagnetfeld induzierbar ist, und einer im wesentlichen spulenförmigen Sekundärwicklung, in welcher durch das Primärmagnetfeld ein zumindest eine Zündkerze ansteuerndes Energiefeld aufbaubar ist, wobei am Spulenkern eine Vormagnetisiereinrichtung zur Ausbildung eines dem Primärmagnetfeld entgegengerichteten Vormagnetisierungsfeld wirksam ist, die Vormagnetisiereinrichtung eine stromdurchflossene, im wesentli-

chen spulenförmige Vormagnetisierungswicklung aufweist, kann durch die Vormagnetisierungswicklung mit Hilfe eines entsprechenden elektrischen Stromes vorteilhafterweise eine Vormagnetisierung erreicht werden.

- 5 Bei der konstruktiven Auslegung des Eisenkreises muss dementsprechend kein Permanentmagnet mehr berücksichtigt werden bzw. bei anderen Anwendungsfällen der Zündspule auch keine unterschiedlichen Magnetgeometrien.

- 10 Durch das Wegfallen der Permanentmagneten kann insbesondere bei Stabspulen der Stabkern entsprechend verlängert werden, was weitere Vorteile bei der Energieoptimierung bringt. In diesem Fall darf sich vorteilhafterweise auch die Wickellänge entsprechend vergrößern, zumal Windungen, die sich über Permanentmagneten befinden, physikalisch kaum wirksam sind.

- 15 Umgekehrt kann die Vormagnetisierungswicklung die einzige Möglichkeit einer Energieoptimierung darstellen, da im Falle einer geforderten Maximallänge des Stabkerns unter Umständen kein Platz mehr für einen Permanentmagneten vorhanden ist.

- 20 Die Vormagnetisierung mittels Zusatzwicklung ist zudem flexibel, d. h. neben der Feldrichtung kann auch die magnetische Feldstärke über eine entsprechende Ansteuerung bei optimaler Ausnutzung des Kernmaterials frei gewählt werden.

- 25 Durch Einbringen der Vormagnetisierungswicklung, die keine begrenzenden Eigenschaften wie ein Permanentmagnet besitzt, kann die Vormagnetisierungs-Flussdichte bis zur Sättigungspolarisation des Kernmaterials erhöht werden.

- 30 Dieser Vorteil gilt ebenso für eine sogenannte Kompaktpule, da hier herkömmlicherweise das Kernmaterial nur dann optimal ausgenutzt werden kann, wenn in den magnetischen Kreis ein Permanentmagnet großer Fläche eingesetzt wird. Dies hat neben hohen Kosten auch noch großen Platzbedarf zur Folge.

Durch die Vormagnetisierungswicklung wird die erfindungsgemäße Zündspule hinsichtlich ihrer Energieausbeute sehr flexibel, wobei keine baulichen Veränderungen vorgenommen werden müssen. Vor allem bei Platzproblemen in axialer Richtung stellt daher die erfindungs-

gemäße Ausgestaltung einer Zündspule eine vorteilhafte Alternative zu Permanentmagneten dar.

Je nach Ausführungsmöglichkeit der Vormagnetisierungswicklung kann sie dadurch auch einen preislichen Vorteil gegenüber der Verwendung von Permanentmagneten haben.

Um einen möglichst guten Vormagnetisierungseffekt zu erzielen, sind die Primärwicklung und die Vormagnetisierungswicklung im wesentlichen parallel zueinander um dem Spulenkern herum gewickelt. Dabei sollten die Stromflussrichtungen des elektrischen Stromes in einander benachbarten Windungen der Primärwicklung und der Vormagnetisierungswicklung antiparallel ausgerichtet sein.

Um eine möglichst freie Ansteuerung der Vormagnetisierungswicklung zu erreichen, können die Stromversorgungsanschlüsse der Primärwicklung und der Vormagnetisierungswicklung voneinander getrennt ausgebildet sein.

Alternativ können die Primärwicklung und die Vormagnetisierungswicklung aber auch gemeinsam angesteuert sein und einen gemeinsamen Stromversorgungsanschluss aufweisen. Dabei kann es vorteilhaft sein, wenn zwischen dem Stromversorgungsanschluss und der Vormagnetisierungswicklung ein Vorwiderstand geschaltet ist.

Die Vormagnetisierungswicklung lässt sich je nach Ausführungsform der Ansteuerung entweder dauerhaft oder zeitweilig ansteuern und erzeugt dadurch ein magnetisches Feld, welches dem Erregerfeld der Primärwicklung entgegenwirkt und dadurch den Effekt der Vormagnetisierung hervorruft.

Bei einer geeigneten Stromansteuerung ist die Vormagnetisierung mittels zusätzlicher Wicklung gemäß der Erfindung temperaturunabhängig.

Das dem Stromversorgungsanschluss entgegengesetzte Ende der Vormagnetisierungswicklung kann bei einer besonders einfachen Ausführungsform einer Zündspule gemäß der Erfindung mit Masse verschaltet sein.

Ein fertigungstechnisch besonders vorteilhafter Aufbau kann dadurch erreicht werden, dass die Primärwicklung und die Vormagnetisierungswicklung als eine einzige mehrlagige Wicklung auf dem Spulenkern aufgewickelt ist, wobei die mehrlagige Wicklung zur Separierung von Primärwicklung und Vormagnetisierungswicklung an zumindest einer Stelle aufgetrennt ist und die freien Enden zu Anschlusszwecken kontaktiert sind. Dies hat fertigungstechnisch den Vorteil, dass ein zusätzlicher Arbeitsgang eingespart wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung erläutert. Es zeigen

Figur 1 in vereinfachter schematischer Seitenansicht eine erfindungsgemäß ausgestaltete Zündspule, bei der eine Primärwicklung und eine Vormagnetisierungswicklung dargestellt sind;

Figur 2 eine schematische Schaltbilddarstellung eines Zündsystems mit einer separaten Ansteuerung der Vormagnetisierungswicklung einer Zündspule gemäß Figur 1; und

Figur 3 eine schematische Schaltbilddarstellung eines Zündsystems mit einer gemeinsamen Ansteuerung der Primärwicklung und der Vormagnetisierungswicklung einer Zündspule gemäß Figur 1.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Die Figur 1 zeigt in vereinfachter schematischer Seitenansicht eine Zündspule 10 für einen Ottomotor eines Kraftfahrzeuges, bei der eine Primärwicklung 14 und eine Vormagnetisierungswicklung 20 dargestellt sind. Eine ebenfalls vorhandene Sekundärwicklung ist in bekannter Weise ausgeführt und in Figur 1 nicht näher dargestellt.

Die Primärwicklung 14 besteht aus einem elektrisch leitfähigen, isolierten Draht, der auf einen Stabkern 12 aufgewickelt ist, wobei der Draht von einem in Figur 1 linken Ende des Stabkerns 12 in Richtung auf ein in Figur 1 rechtes Ende des Stabkerns 12 aufgewickelt ist.

Die nicht näher gezeigte Sekundärwicklung der Zündspule 10, in welcher durch ein primärseitig erzeugtes Magnetfeld H_p ein Energiefeld induziert wird, ist angrenzend an die Primärwicklung 14 von dieser elektrisch isoliert angebracht.

- 5 Die in Figur 1 gestrichelt dargestellte Vormagnetisierungswicklung 20 stellt in der gezeigten Ausführungsform eine komplett eigenständige Wicklung dar. Dabei ist der elektrisch leitfähige, isolierte Draht der Vormagnetisierungswicklung 20 von einem in Figur 1 linken Ende des Stabkerns 12 in Richtung auf ein in Figur 1 rechtes Ende des Stabkerns 12 aufgewickelt, wobei nahezu über den kompletten Erstreckungsbereich der Wicklungen der Draht der Vormagnetisierungswicklung 20 in den Zwischenraum zwischen den einzelnen Windungen der Primärwicklung 14 eingelegt ist. Die Vormagnetisierungswicklung 20 und die Primärwicklung 14 sind somit über den Großteil der Länge des Stabkerns 12 parallel gewickelt.

- 15 Der Stromfluss I_v in einer Wicklung der Vormagnetisierungswicklung 20 und der Stromfluss I_p in einer benachbarten Wicklung der Primärwicklung 14 ist antiparallel, so dass auch die sich aufbauenden Magnetfelder, ein Vormagnetisierungsfeld H_v und das primärseitige Magnetfeld H_p , eine antiparallele Ausrichtung aufweisen. Diese Ausrichtung liefert den gewünschten "Vormagnetisierungseffekt"

- 20 Bei der Ausführung gemäß Figur 1 ist ein Anschluss 24 zur Zuführung eines elektrischen Stroms I_p in die Primärwicklung 14 von einem Anschluss 22 zur Zuführung eines elektrischen Stroms I_v in die Vormagnetisierungswicklung 20 getrennt angeordnet. Dabei können beide Anschlüsse 22 und 24 separat über einen gemeinsamen Stecker 28 auf einen Kabelbaum eines Kraftfahrzeuges geführt werden.

25

- In einer alternativen Ausführungsform kann die Vormagnetisierungswicklung 20 auch in die Primärwicklung 14 integriert werden. Bei der Herstellung einer derartigen "integrierten" Vormagnetisierungswicklung 20 werden in einem einzigen Aufwickelvorgang mehr Primärwindungen als notwendig auf den Stabkern 12 aufgewickelt. Anschließend werden sowohl die 30 Primärwicklung 14 als auch die Vormagnetisierungswicklung 20 durch entsprechendes Auftrennen und Kontaktieren der jeweiligen Drahtenden aus der zusammen aufgebrachten Wicklung separiert. Dabei können wiederum die Anschlüsse 22 und 24 der Primärwicklung 14 und der Vormagnetisierungswicklung 20 separat über einen gemeinsamen Stecker 28 auf den Kabelbaum des Kraftfahrzeuges geführt werden.

Die Figur 2 zeigt eine schematische Schaltbilddarstellung eines Zündsystems 1 mit einer separaten Ansteuerung der Vormagnetisierungswicklung 20 einer erfindungsgemäßen Zündspule 10 für einen Ottomotor, wobei die Zündspule 10 – wie in Figur 1 gezeigt – einen Spulenkern 12 aufweist, auf den die Primärwicklung 14 und die Vormagnetisierungswicklung 20 aufgewickelt sind.

Hier ist eine separate Vormagnetisierungswicklungs-Ansteuerungsleitung 30 von dem vorliegend mit dem (nicht gezeigten) Kabelbaum des Kraftfahrzeuges verbundenen Stromanschluss 22 zum einen Ende der Vormagnetisierungswicklung 20 der Zündspule 10 geführt. Das andere Wicklungsende der Vormagnetisierungswicklung 20 ist auf Masse GND geschaltet.

In einem einen Steuerkreis darstellenden Primärkreis 2 des Zündsystems 1 ist eine separate Primärwicklungs-Ansteuerungsleitung 32, die an dem primärseitigen Stromanschluss 24 beispielsweise ebenfalls mit dem (nicht gezeigten) Kabelbaum des Kraftfahrzeuges verbunden sein kann, zu einem Ende der Primärwicklung 14 der Zündspule 10 geführt. Das andere Ende der Primärwicklung 14 ist mit einem Transistor 34 verschaltet. Dieser wird an der Basis über eine Motorsteuerung 36 des Ottomotors angesteuert.

Die ebenfalls den Spulenkern 12 umgebende Sekundärwicklung 16 der Zündspule 10 ist Bestandteil eines einen Zündungskreis bildenden Sekundärkreises 3, in dem sie in bekannter Art und Weise mit einem Ende einer mit einer Masse GND verschalteten Zündkerze 18 eines Ottomotors kontaktiert.

Insbesondere dadurch, dass das Vormagnetisierungsfeld H_V nicht permanent vorhanden sein muss, ist eine derartige separate Ansteuerung der Vormagnetisierungswicklung 20 der Zündspule 10 praktikabel.

Die Figur 3 zeigt eine schematische Schaltbilddarstellung eines Zündsystems 1' mit einer gemeinsamen Ansteuerung der Primärwicklung 14 und der Vormagnetisierungswicklung 20.

Bei dieser Ausführung führt wie bei dem Zündsystem 1 der Figur 2 im Primärkreis die Primärwicklungs-Ansteuerungsleitung 32 von einem Stromanschluss 26 an einem (nicht gezeigten) Kabelbaum des Kraftfahrzeuges zu einem Ende der Primärwicklung 14 der Zündspule

10. Das andere Ende der Primärwicklung 14 ist mit einem Transistor 34 verschaltet, welcher an der Basis über die Motorsteuerung 36 des Ottomotors angesteuert wird.

5 Eine Vormagnetisierungswicklungs-Ansteuerungsleitung 30 ist hier mit dem Stromanschluss 26 der Primärwicklungs-Ansteuerungsleitung 32 verbunden, wobei die Vormagnetisierungs-
wicklungs-Ansteuerungsleitung 30 von der Primärwicklungs-Ansteuerungsleitung 32 an einer
Anschlussstelle 29 abzweigt und über einen Vorwiderstand R_V zum einen Ende der auf den
Spulenkern 12 aufgewickelten Vormagnetisierungswicklung 20 der Zündspule 10 geführt ist.
10 Das andere Wicklungsende der Vormagnetisierungswicklung 20 ist auf Masse GND geschaltet.

Die Anordnung der Sekundärwicklung 14 der Zündspule 10 und die Ausgestaltung des Sekundärkreises 3 mit einer Zündkerze 18 eines Ottomotors entspricht im Übrigen der Ausführung nach Figur 2.

15 Alternativ sind noch weitere Varianten der Ansteuerung denkbar. Wichtig ist dabei jeweils, dass ein zu dem Primärfeld H_P antiparalleles Vormagnetisierungsfeld H_V aufgebaut wird, um eine Energieoptimierung durch Anpassung der Vormagnetisierung des Eisenkreises zu erreichen.

R. 306522 / Kh

5 18.09.2003

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

1. Zündspule (10) für einen Ottomotor mit einem Spulenkern (12), in welchem mittels einer stromdurchflossenen (I_P), im wesentlichen spulenförmigen Primärwicklung (14) ein Primärmagnetfeld (H_P) induzierbar ist, und einer im wesentlichen spulenförmigen Sekundärwicklung (16), in welcher durch das Primärmagnetfeld (H_P) ein zumindest eine Zündkerze (18) ansteuerndes Energiefeld aufbaubar ist, wobei am Spulenkern (12) eine Vormagnetisiereinrichtung zur Ausbildung eines dem Primärmagnetfeld (H_P) entgegengerichteten Vormagnetisierungsfeld (H_V) wirksam ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vormagnetisiereinrichtung eine stromdurchflossene (I_V) im wesentlichen spulenförmige Vormagnetisierungswicklung (20) aufweist.
2. Zündspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Primärwicklung (14) und die Vormagnetisierungswicklung (20) im wesentlichen parallel zueinander um den Spulenkern (12) herum gewickelt sind.
3. Zündspule nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromflussrichtungen des elektrischen Stromes (I_P bzw. I_V) in einander benachbarten Windungen der Primärwicklung (14) und der Vormagnetisierungswicklung (20) antiparallel ausgerichtet sind.
4. Zündspule nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromversorgungsanschlüsse (22, 24) der Primärwicklung (14) und der Vormagnetisierungswicklung (20) voneinander getrennt ausgebildet sind.

35

5. Zündspule nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Primärwicklung (14) und die Vormagnetisierungswicklung (20) einen gemeinsamen Stromversorgungsanschluss (26) aufweisen.
- 5 6. Zündspule nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Stromversorgungsanschluss (26) und der Vormagnetisierungswicklung (20) ein Vorwiderstand (R_v) geschaltet ist.
- 10 7. Zündspule nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein dem Stromversorgungsanschluss (22, 24; 26) entgegengesetztes Ende der Vormagnetisierungswicklung (20) mit Masse (GND) verschaltet ist.
- 15 8. Zündspule nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Primärwicklung (14) und die Vormagnetisierungswicklung (20) als eine einzige mehrlagige Wicklung auf dem Spulenkern (12) aufgewickelt ist, wobei die mehrlagige Wicklung zur Separierung von Primärwicklung (14) und Vormagnetisierungswicklung (20) an zumindest einer Stelle aufgetrennt ist und die freien Enden zu Anschlusszwecken kontaktiert sind.

R. 306522 / Kh

18.09.2003

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Zündspule für einen Ottomotor

Zusammenfassung

Es wird eine Zündspule (10) für einen Ottomotor mit einem Spulenkern (12) vorgeschlagen, in welchem mittels einer stromdurchflossenen (I_p), im wesentlichen spulenförmigen Primärwicklung (14) ein Primärmagnetfeld (H_p) induzierbar ist. Die Zündspule (10) weist eine im wesentlichen spulenförmige Sekundärwicklung (16) auf, in welcher durch das Primärmagnetfeld (H_p) ein zumindest eine Zündkerze (18) ansteuerndes Energiefeld aufbaubar ist. Am Spulenkern (12) ist eine Vormagnetisiereinrichtung zur Ausbildung eines dem Primärmagnetfeld (H_p) entgegengerichteten Vormagnetisierungsfeld (H_v) wirksam. Die Vormagnetisiereinrichtung weist erfindungsgemäß eine stromdurchflossene (I_v) im wesentlichen spulenförmige Vormagnetisierungswicklung (20) auf.

(Figur 2).

1 / 3

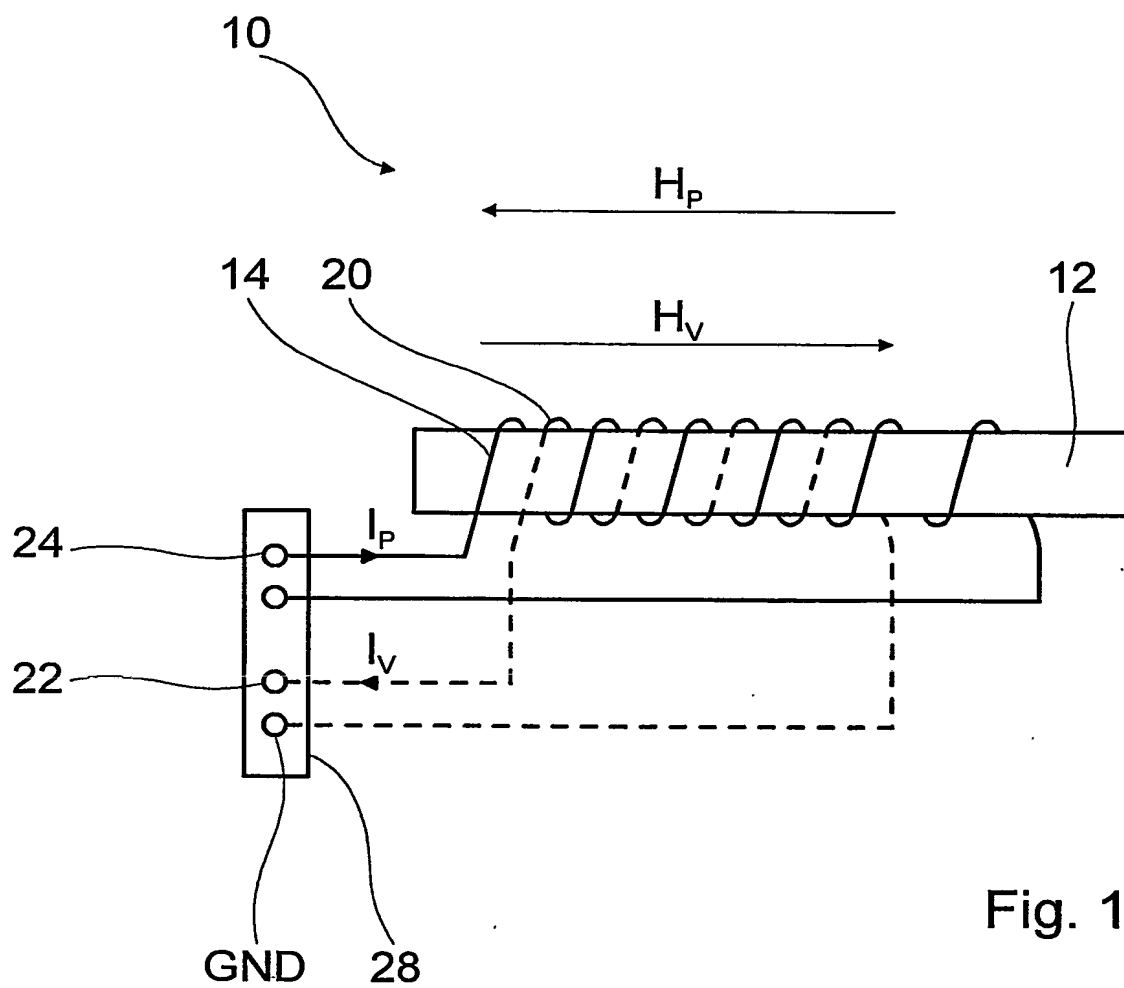


Fig. 1

2 / 3

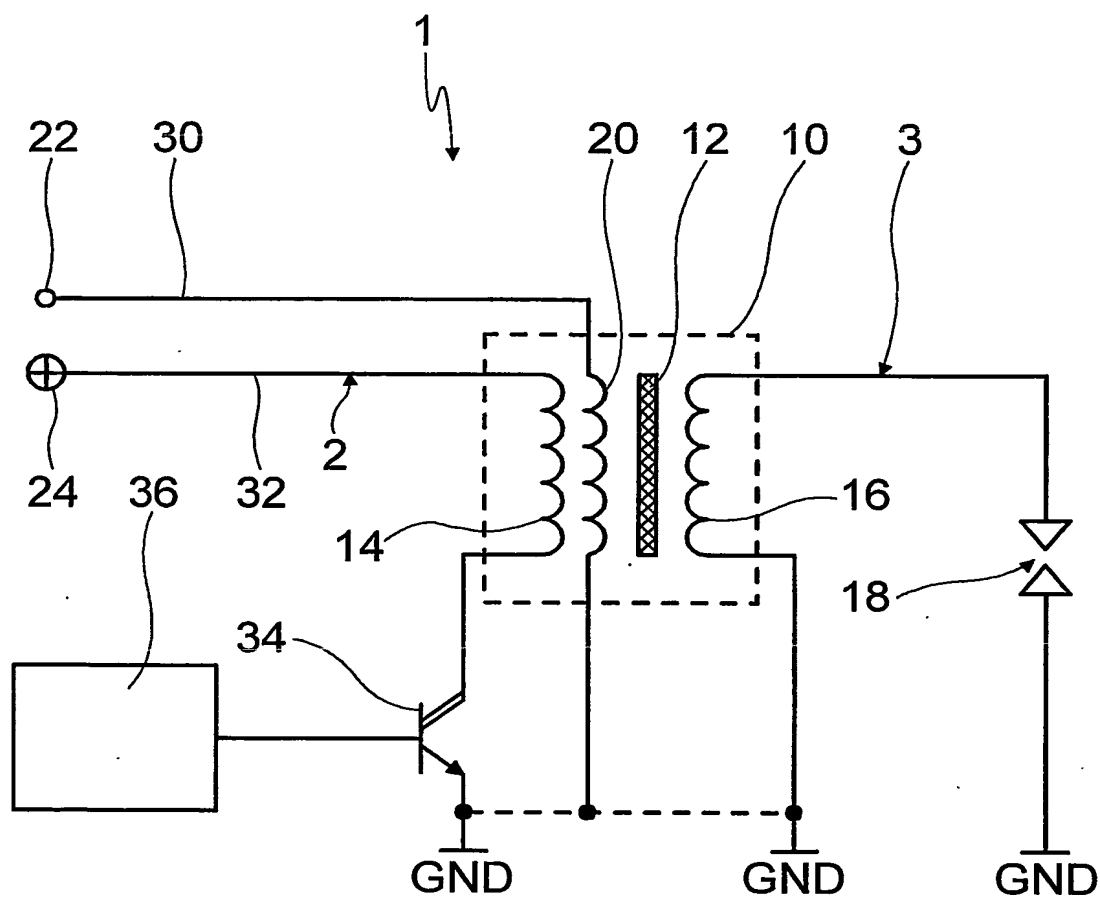


Fig. 2

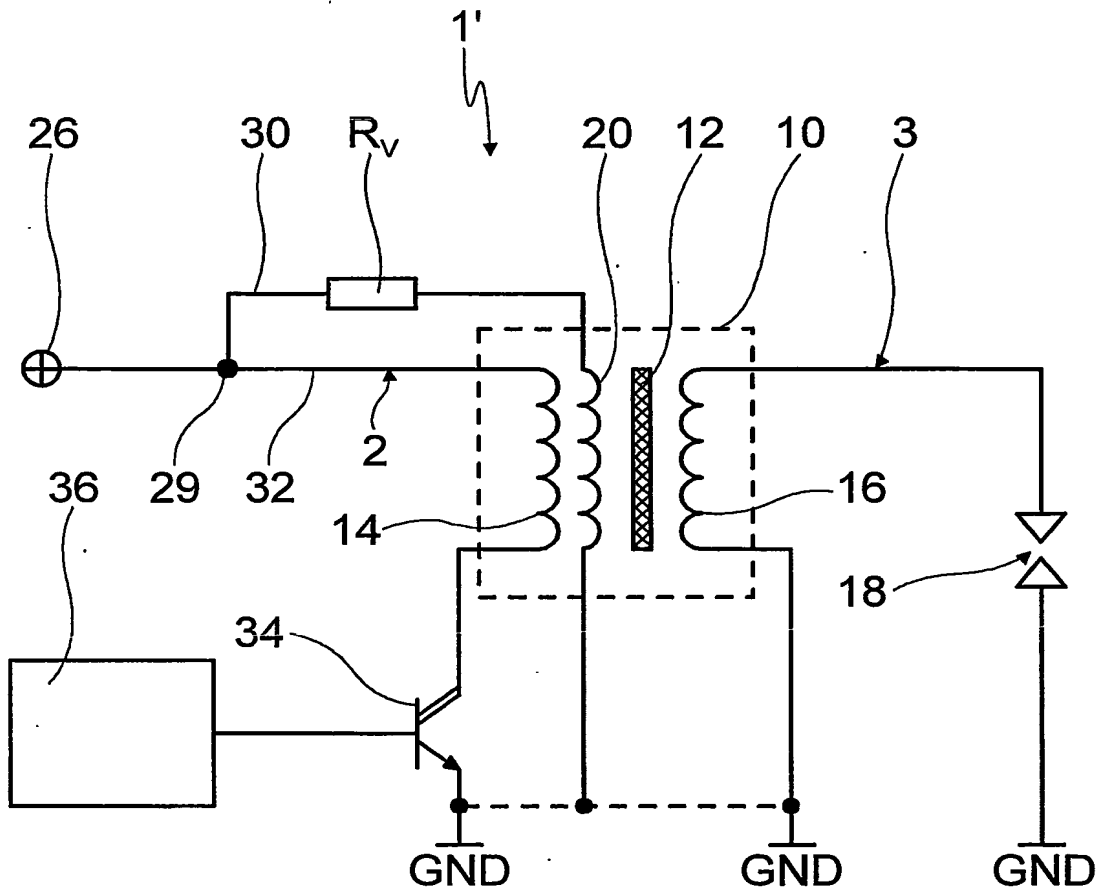


Fig. 3